

# 综合物探方法在湖北大冶鸡冠咀铜金矿深部及外围找矿中的应用

郇文星<sup>1</sup> 金尚刚<sup>2</sup> 何彦南<sup>1</sup> 杨梅珍<sup>3</sup> 刘万龙<sup>1</sup>

(1. 贵州省地质矿产勘查开发局 105 地质队, 贵州贵阳 550018; 2. 湖北省地质局第一地质大队, 湖北大冶 435100; 3. 地质过程与矿产资源国家重点实验室(中国地质大学) 湖北武汉 430074)

[摘要]以湖北大冶鸡冠咀铜金矿床深部及其外围找矿预测为目标,在深入认识鸡冠咀铜金矿床地质特征的基础上,对研究区重力、磁测、电法测量资料进行精细反演,研究含矿地质体与物探异常的对应关系,获取矿床深部和外围物探异常信息。研究证实研究区岩矿石物性差异明显、与矿有关的地质体与重磁异常具有良好的吻合性,研究区内断裂接触带、大理岩俘虏体、隐伏岩体表现出重磁同高、重磁异常梯度带等特征,是寻找深部盲矿体的有利部位。总结了 5 种地球物理找矿标志,构建了“一个主要目标,两种分析,三种方法,五个找矿标志”的矽卡岩型铜金矿床的地球物理找矿模式,对鸡冠咀矿床深部及外围进行靶区优选,指导鄂东南矿集区矿产勘查工作,具有良好的示范作用。

[关键词] 鸡冠咀铜金矿床 物探异常 找矿预测 吻合性 大冶 湖北

[中图分类号] P631 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2019)04-1010-16

Tai Wenxing, Jin Shanggang, He Yannan, Yang Meizhen, Liu Wanlong. Application of integrated geophysical methods to prospecting in the deep subsurface and peripheral area of the Jiguanzui copper-gold deposit in Daye of Hubei Province [J]. *Geology and Exploration* 2019 55(4): 1010-1025.

## 0 引言

长江中下游成矿带是中国最重要的铜铁金多金属成矿带之一,分布有鄂东南、九瑞、安庆-贵池、庐枞、铜陵、宁芜和宁镇等七个铁铜多金属矿集区,鄂东南矿集区位于成矿带的最西端(吕新彪,2001;王伟等,2015)。该矿集区矿产勘查开发历史悠久,1982 年前已完成系统的 1:5 万区域矿产地质调查工作,经过 30 多年的矿产勘查和科研工作,基本查明了区内铁铜金多金属矿的成矿地质条件(苏欣栋,1995;谭红艳等,2011),开展了铜绿山、大冶铁矿等典型矿床研究,进行了四轮成矿规律总结和成矿预测区划工作,但这些工作多基于浅部矿体的规律总结,限于当时的研究手段、成矿理论和研究者的深入程度不同,其成矿规律有待进一步完善,亟待理论创新和找矿方法拓展。以往开展的物探方法精度不高,反映的深度有限,加之各种方法多解性明显,对低缓异常重视不够,对深部找矿指导作用不强。

近年来,地球物理找矿方法越来越受到重视,鄂东南地区铜绿山铜铁矿、鸡冠咀铜金矿、大冶铁矿等多个矿床 1500m 深部发现新矿体,有较好的找矿前景,如何提取深部成矿信息成为地勘单位的难点。

本文依托湖北省第一地质大队“阳新岩体西北段矿山密集区深部铜铁金多金属矿战略性勘查”项目,对近年来获得的矿区重力、磁法、CSAMT 等地球物理资料采用地球物理信息提取方法,对鸡冠咀铜金矿区的物探异常进行了深入研究,总结地球物理找矿标志,构建地质地球物理找矿模式,为鸡冠咀深部及外围优选找矿靶区、指导矿产勘查起了重要的示范作用。

## 1 研究区地质概况

鸡冠咀铜金矿床属于铜绿山石英二长闪长玢岩岩株体西北缘的一部分,矿区内北北东向与北西西向构造发育,控制了岩浆活动与成矿作用(朱志祥和晏玖德,2004)。矿体主要产于隐伏大理岩残留

[收稿日期]2018-08-20; [改回日期]2019-05-27; [责任编辑]衣骏杰。

[基金项目]中国地质调查局专项(编号:1212011220701)资助。

[第一作者]郇文星(1993 年-)男,2018 年毕业于中国地质大学(武汉),获硕士学位。E-mail: 1436552290@qq.com。

体的层间破碎带、大理岩与石英二长闪长玢岩的接触带附近,以脉状、薄板状为主,与矿体关系最密切的地层为三叠系中下统嘉陵江组的碳酸盐岩地层。成矿作用与燕山期的侵入岩在时间上、空间上和成因上有密切的联系,属岩浆期后高-中温热液矿床(魏全民等 2006)(图 1)。

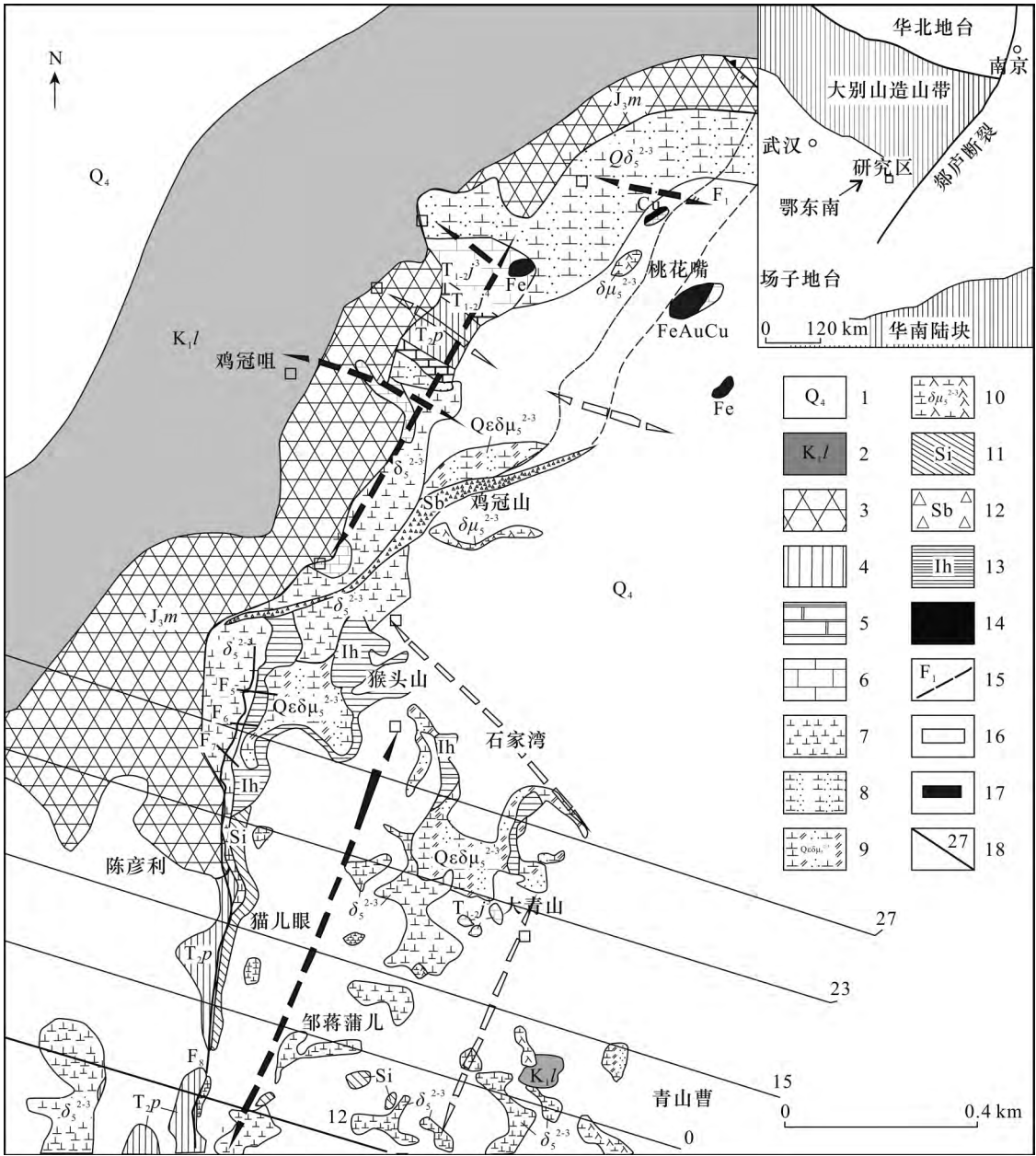


图 1 鸡冠咀铜金矿床及外围地质图(据湖北省地质局第一地质大队报告 2014 修改)

Fig.1 Geological map of the Jiguanzui copper – gold deposit and its peripheral areas(modified from report by the First Geological Brigade of Hubei Geological Bureau 2014)

- 1 – 第四系; 2 – 灵乡组; 3 – 马架山组; 4 – 蒲圻组; 5 – 嘉陵江组第四段; 6 – 嘉陵江组第三段; 7 – 闪长岩; 8 – 石英闪长岩; 9 – 石英二长闪长玢岩; 10 – 闪长玢岩; 11 – 硅化岩; 12 – 破碎带; 13 – 铁帽; 14 – 矿体; 15 – 推测断层; 16 – 向斜; 17 – 背斜; 18 – CSAMT 测线
- 1 – Quaternary; 2 – Lingxiang Formation; 3 – Majiashan Formation; 4 – Puqi Formation; 5 – fourth member of Jialingjiang Formation; 6 – third member of Jialingjiang Formation; 7 – diorite; 8 – quartz diorite; 9 – quartz monzonite – diorite porphyrite; 10 – diorite porphyrite; 11 – silicified rock; 12 – broken zone; 13 – gossan; 14 – ore body; 15 – inferred fault; 16 – syncline; 17 – anticline; 18 – CSAMT survey line

矿区地表绝大部分为第四系残坡积层、冲积层覆盖。第四系覆盖层下分布有三叠系下统大冶组的含泥质条带大理岩、中厚层白云质大理岩,三叠系中

下统嘉陵江组的薄层白云石大理岩,三叠系中统蒲圻组的泥质粉砂岩、粉砂质泥岩,侏罗系上统马架山组的火岩沉积角砾岩和白垩系下统的安玄岩、粉砂

质粘土岩等。与矿体关系最密切的地层为嘉陵江组的白云质大理岩。矿区地质构造较复杂,主要发育有六个北西西向的隐伏褶皱和三个北北东向的叠加褶皱,七条北北东和北东方向的断裂构造。在岩体与大理岩的接触带,发育有一条北东向的断裂-侵入接触复合构造(肖光富和董意群,2013)。鸡冠咀铜金矿主要产于北东向的断裂-侵入接触复合构造旁侧的白云质大理岩层间破碎带及次级裂隙中(张国胜,1998),区内的岩浆岩为燕山期侵入的石英二长闪长玢岩岩株体,是一个多期次侵入的复式杂岩体(章增凤,1992)。岩石类型有石英二长闪长玢岩、石英闪长岩、闪长岩和安山玢岩(柯于富等,2016)。

## 2 研究区地球物理特征

### 2.1 研究区岩矿石物性特征

物性是连接地质与地球物理的纽带,是地球物理解释的基础(杨尔煦,1982;朱丹等,2018)。本文

收集鸡冠咀、桃花咀及铜绿山三个矿区矿石密度、磁性和电阻率物性资料,统计了矿区及周边岩石、矿石的主要物性资料,发现区内岩矿石的密度、磁化率、电阻率基本符合正态分布规律。

#### 2.1.1 岩矿石密度特征

密度的差异性决定重力勘探效果好坏的关键性因素(任丽等,2013),岩石的密度随着岩石的矿物成分、结构构造、孔隙度的不同而存在较大差异。如图2显示,27个矿石类样品密度值集中在 $3.15 \sim 4.35 \text{ g/cm}^3$ 之间,表现为高密度(图2a);67个碳酸盐岩类密度值集中在 $2.65 \sim 2.85 \text{ g/cm}^3$ 之间,表现为中高密度(图2b);87个岩浆岩类样品密度值主要集中在 $2.4 \sim 2.7 \text{ g/cm}^3$ 之间,表现为中低密度(图2c);61个碎屑岩类样品密度值主要集中在 $2.2 \sim 2.6 \text{ g/cm}^3$ 之间,为低密度(图2d)。矿石与碳酸盐岩、岩浆岩、碎屑岩间有明显的密度差异,显示在研究区开展重力勘探寻找铜金矿,有良好的物性前提。

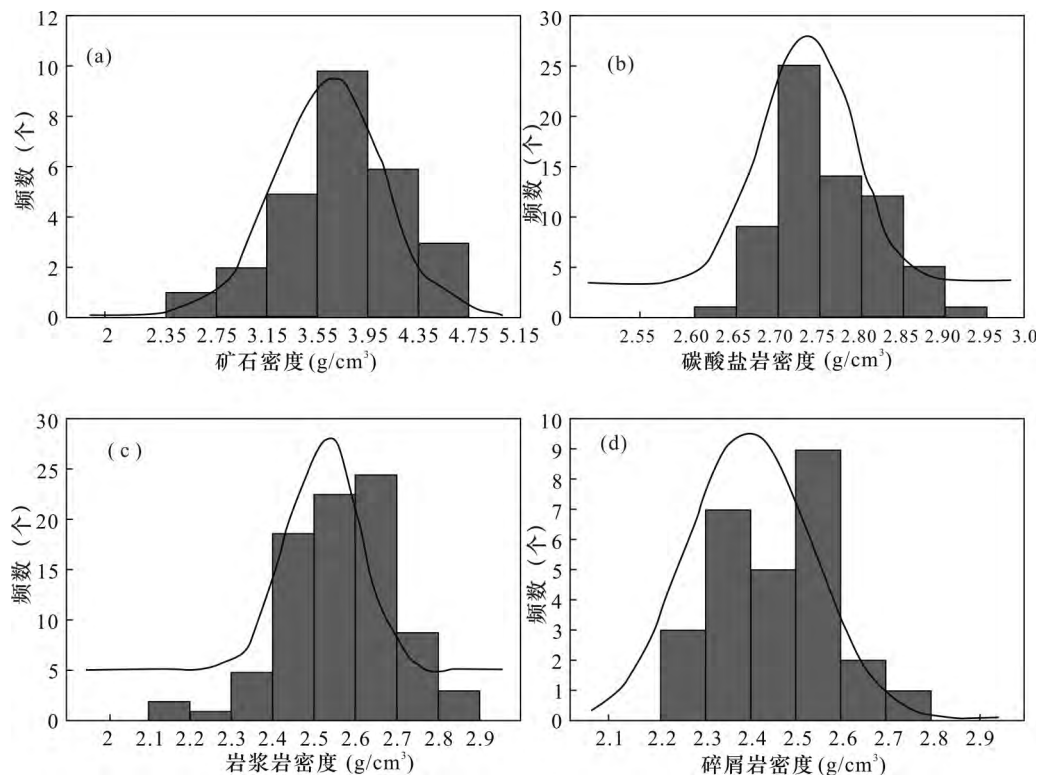


图2 研究区岩矿石密度正态分布图

Fig.2 The normal distribution of rock - mineral density in the research area

#### 2.1.2 岩矿石磁化率特征

磁法勘探是通过观测岩矿石磁性差异所引起的磁异常,进而研究地质构造和矿产分布规律的一种地球物理勘探方法(齐文秀和刘涛,2005)。如图3

显示,131个矿石类样品磁化率值集中在 $(69087.2 \sim 241805.2) \times 10^{-6} 4\pi\text{SI}$ 范围内,表现为高磁性;121个岩浆岩类样品磁化率值集中在 $(0 \sim 2500) \times 10^{-6} 4\pi\text{SI}$ 之间,岩浆岩磁性变化范围较大,总体表现出

中高磁性; 62 个碎屑岩和 82 个碳酸盐岩磁化率样品磁化率分布于  $0 \times 10^{-6} \times 4\pi\text{SI}$  左右, 总体表现为无磁性或超弱磁性。磁化率从高到低的变化规

律: 矿石类 ( $69087.2 \sim 241805.2$ )  $\times 10^{-6} 4\pi\text{SI} >$  岩浆岩类 ( $0 \sim 2500$ )  $\times 10^{-6} 4\pi\text{SI} >$  碎屑岩类、碳酸盐岩类。

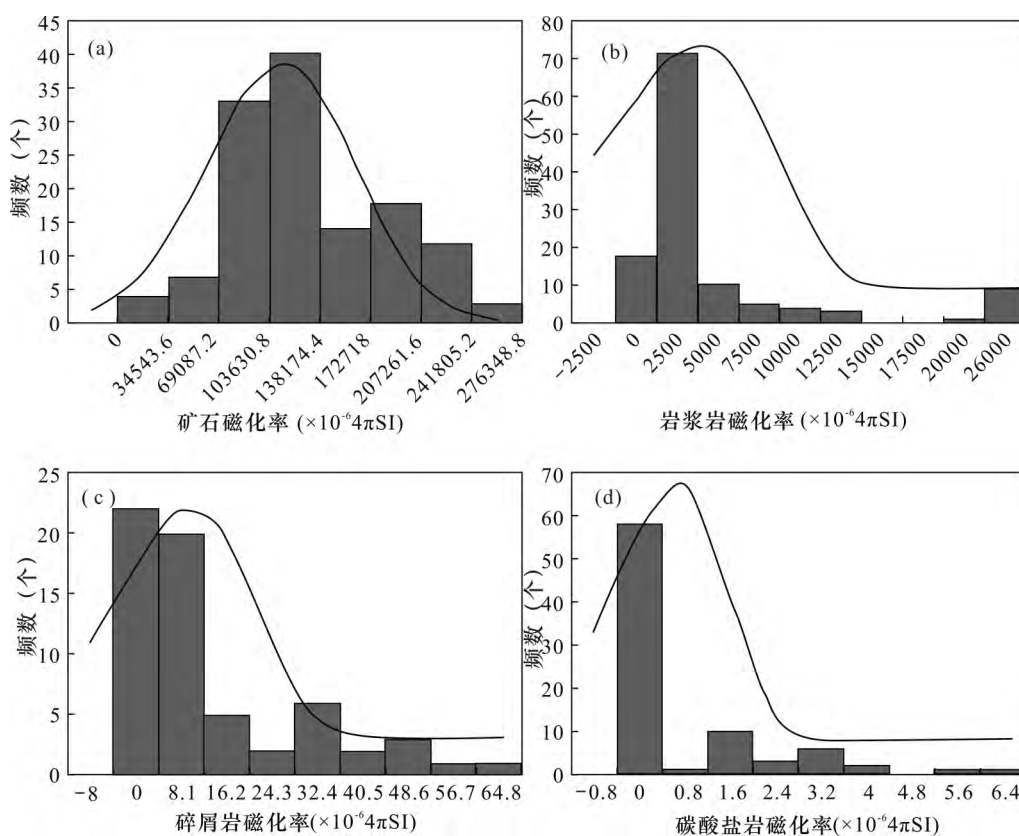


图3 研究区岩石磁化率正态分布图

Fig.3 The normal distribution of rock - mineral magnetization in the research area

### 2.1.3 岩石电阻率特征

电阻率是影响岩石导电性大小的主要参数 (林建勇 2016)。如图4显示, 对矿区各类岩石的电阻率差异性进行统计, 37 个矿石类样品电阻率值集中在  $13 \sim 133 \Omega \cdot \text{m}$  之间, 表现为低阻; 158 个碎屑岩类电阻率值集中在  $143 \sim 943 \Omega \cdot \text{m}$  之间, 表现为中低阻; 114 个岩浆岩电阻率值主要集中在  $151 \sim 5538 \Omega \cdot \text{m}$  之间, 较矿石类电阻率值大相差  $138 \sim 5405 \Omega \cdot \text{m}$ ; 69 个碳酸盐岩电阻率值集中在  $2601 \sim 10600 \Omega \cdot \text{m}$  之间, 表现为高阻。矿石与碳酸盐岩、岩浆岩、碎屑岩之间电阻率值相差很大, 为 CSAMT 的运用提供了良好的应用前提。

综上所述, 重、磁、电物性正态分布图显示各类岩石物性的差异性显著, 为运用综合物探法探测深部不同的物性体提供了良好的应用前提 (程远等 2018)。此外, 还显示出矿石类总体表现为高

密度、高磁和低电阻率, 碳酸盐岩类为中高密度、微磁和高电阻率, 岩浆岩类为中低重、中弱磁和中等电阻率, 碎屑岩类低密度、弱磁和中低阻。

### 2.2 研究区外围物探重磁异常特征

铜绿山矿田区 (含鸡冠咀矿区) 的铜铁金矿体产于岩体内隐伏大理岩与石英二长闪长玢岩的接触带、岩体内的大理岩残留体和接触带附近的裂隙内 (图5), 铜铁金矿体、大理岩残留体、矽卡岩上部表现出重力高异常的特征, 矿体的规模小、埋藏深度大, 异常的峰值小, 碎屑岩、蚀变的岩浆岩、断裂带内的岩石密度小, 表现出低重异常的特征; 大理岩、碎屑岩、蚀变的岩浆岩呈现出低磁异常的特点; 矽卡岩、铜铁金矿体上部表现出高磁异常的特征。新鲜的岩体表现出中高磁异常的特征。已知矿体的平面投影与重力高异常十分吻合, 重磁异常具有明显的含矿地质体的指示意义。

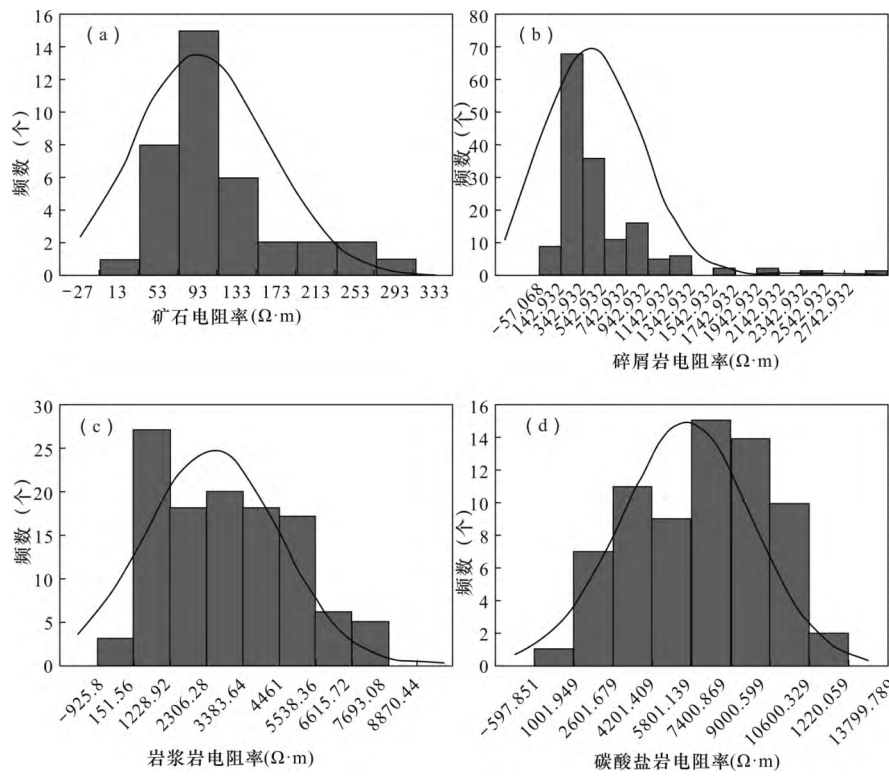


图 4 研究区岩矿石电阻率正态分布图

Fig. 4 The normal distribution of rock – mineral resistivity in the research area

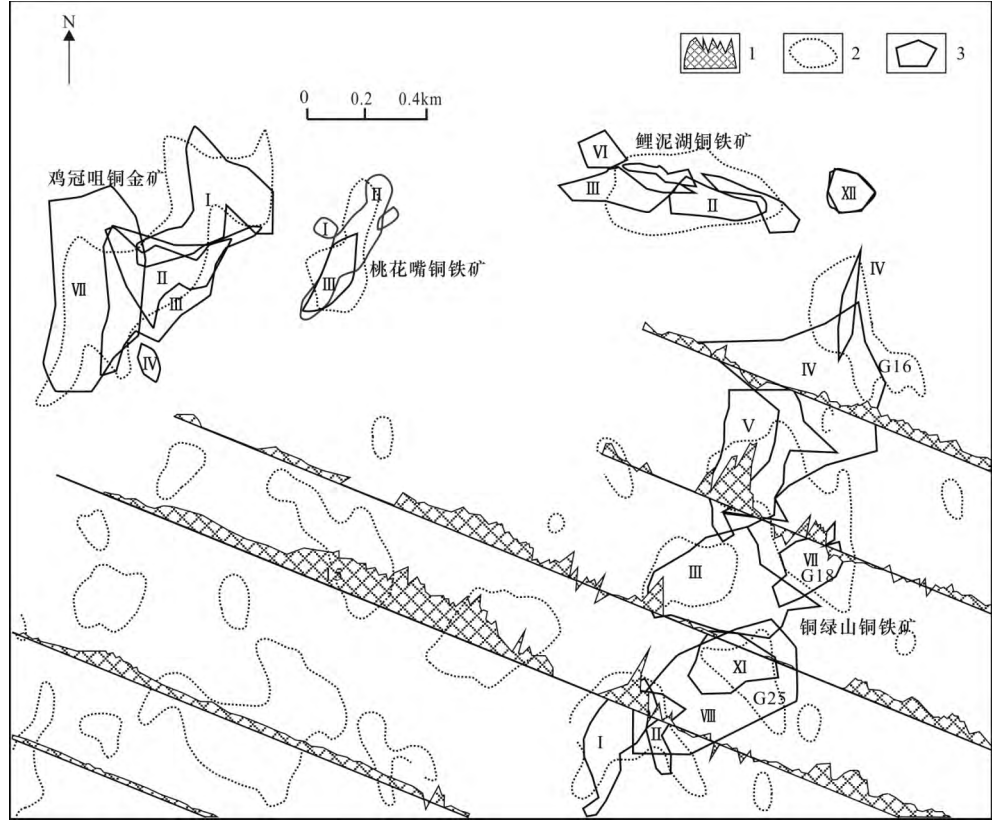


图 5 铜绿山矿田物探异常与矿体吻合图

Fig. 5 Correspondence between geophysical anomalies and ore bodies in the Tonglvshan mine

1 – 磁异常; 2 – 重力异常分布范围; 3 – 矿体投影范围

1 – magnetic anomaly; 2 – gravity anomaly distribution range; 3 – ore body projection range



3 物探异常的解释推断及找矿靶区圈定

3.1 重力异常特征及解释推断

3.1.1 重力异常特征

位场分解的目的是从实测布格重力异常中分离出区域异常和局部异常拟合(唐新功等 2015)。位场分解方法有很多类型的,有趋势分析法(李玉铰 2015)、解析延拓法(Xu et al. 2017)、垂向二阶导数法(王宗器,1978)、小波分析法(邱宁等,2007)、插值切割等(徐世浙等,2006)。趋势分析法对范围大、地质情况复杂的测区不宜使用,针对鸡冠咀矿区面积小的情况,本次选择趋势分析法

对研究区进行局部场的分离,得到局部异常图(图 6)。

从局部场的分离异常结果看出,区内的重力异常总体呈条带状分布,分带性和方向性较为明显,已知矿区上部表现出强烈的高重异常特征,在沉积岩中低密度背景条件下,与矿体的投影十分吻合,呈北东向展布。南部陈彦利-猴头山-大青山一带重力异常出现较为明显的圈闭正负相间,是由于该区岩体内出现大理岩残留体时,布格异常曲线出现不协调畸变,局部呈半岛状或豆荚状分布。区内的断裂构造表现出线性重力低或重力异常梯度带、串珠状低重异常和重力异常的线状

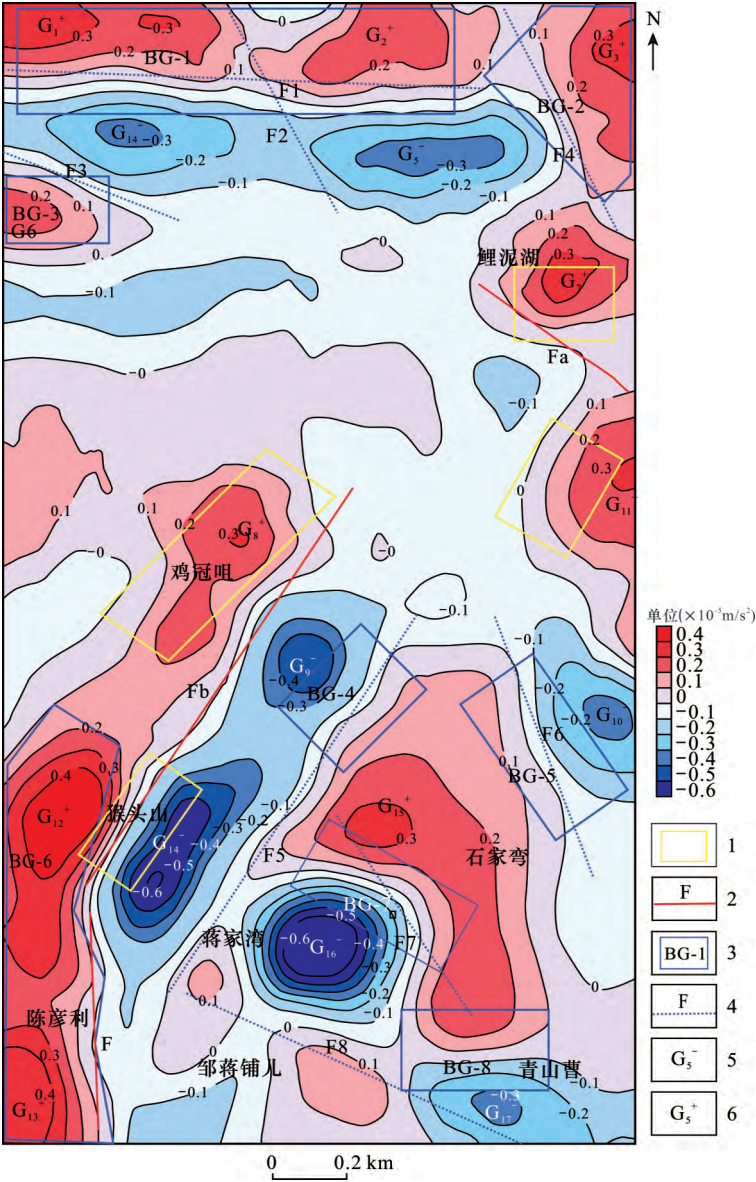


图 6 研究区局部重力异常图

Fig. 6 Local gravity anomalies in the research area

1 - 已知矿区; 2 - 已知断裂; 3 - 预测找矿靶区; 4 - 预测断裂; 5 - 负重力异常; 6 - 正重力异常

1 - known mining area; 2 - known fracture; 3 - predicted prospecting target area; 4 - predicted fracture; 5 - negative gravity anomaly; 6 - positive gravity anomaly

截切特征。

将局部重力异常图划分为 17 个,局部低重力异常反映的是密度较小的地层、碎屑岩或者是中酸性

隐伏、半隐伏岩体的侵入位置,局部高重力异常是测区内密度相对较大的沉积灰岩、高密度岩体或矿体的反映,异常定性解释见表 1。

表 1 局部重力异常推断解释表  
Table 1 Interpretation of local gravity anomalies

异常编号	重力异常特征	地质概况	推断解释
G1 <sup>+</sup> 和 G2 <sup>+</sup>	异常等值线为东西伸出的舌状重力高,长约 1km,宽约 0.2km,异常幅值达到 $0.5 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 。	地表被第四系浮土覆盖	推断该异常为深部大理岩隆起加厚引起的重力高异常。
G3 <sup>+</sup>	异常等值线向南北伸出的串珠状重力高,长约 0.4km,宽约 0.15km,异常幅值达 $0.5 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 。	地表被第四系浮土覆盖	推测为灰岩(或大理岩化)引起。
G4 <sup>-</sup> 和 G5 <sup>-</sup>	呈东西向条带状分布,G4 <sup>-</sup> 长 0.6km,宽 0.3km。G5 <sup>-</sup> 长 0.6km,宽 0.3km,异常值都达 $-0.4 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 。	地表被第四系浮土覆盖	推断该异常为密度较小的火山岩类中凝灰岩或是玄武岩的反映。
G6 <sup>+</sup>	异常形态呈舌头状近东西向伸出,长约 0.4km,宽约 0.15km,异常幅值达 $0.2 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 。	区内被第四系覆盖	推断深部的 K+J 地层中夹有大理岩俘虏体引起的相对重力高异常。
G7 <sup>+</sup>	异常似椭圆状。长约 0.4km,宽约 0.2km,异常达 $0.3 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 。	区内被第四系覆盖	推断深部 K+J 地层中夹有大理岩俘虏体引起的相对重力高异常。
G8 <sup>+</sup>	异常形态为北东向伸出的长条状重力高异常,长约 0.7km,宽约 0.3km,异常幅值达 $0.4 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 。	地表为火山沉积角砾岩	异常与鸡冠咀矿区矿体的投影十分吻合,推测为高密度的矿体与大理岩引起高重力异常。
G9 <sup>-</sup>	形态似椭圆呈北东向展布,约 0.4km,短轴长约 0.2km。异常幅值达 $-0.4 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 。	地表为闪长岩	推断此重力低是岩体与碎屑岩地层断层接触的综合反映,主要是侵入岩与碎屑岩引起。
G10 <sup>-</sup>	蜗牛状近北西分布,长 0.3km,宽 0.2km。异常幅值达 $-0.3 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 。	地表出露闪长岩	推测岩体与大理岩接触带近岩体一侧低密度的闪长岩引起。
G11 <sup>+</sup>	形态向西舌状伸出,长 0.4km,宽 0.2km。异常幅值达 $0.5 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 。	地表为闪长岩和大理岩	与桃花嘴矿区吻合,推测为高密度的矿体与大理岩引起高重力异常。
G12 <sup>+</sup> 和 G13 <sup>+</sup>	该异常与 G8 <sup>+</sup> 重力高异常相对应,长轴呈北东向,约 0.4km。短轴长约 0.2km,幅值达 $0.4 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 。	地表出露为火山沉积角砾岩	该异常与 G8 <sup>+</sup> 重力异常相对应,推测为灰岩(或大理岩化)引起。
G14 <sup>-</sup>	异常形态近扁平长椭圆,长轴为北东向展布,长约 0.5km。异常幅值达 $-0.7 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 。	石英正长闪长玢岩	该异常与 G9 <sup>-</sup> 重力异常相对应,推断重力低是岩体与碎屑岩地层断层接触综合反映,主要是侵入岩引起。
G15 <sup>+</sup>	异常形态为近似北西向展布的弯曲蜗牛状,长约 0.6km,宽约 0.2km,异常幅值达 $0.4 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 。	地表出露为钾化闪长岩	位于岩体内,重力高异常中有明显磁异常,推断为石英闪长岩为主引起,具有找矿意义。
G16 <sup>-</sup>	异常形态近似圆状,长 0.2km,宽约 0.2km。异常幅值达 $-0.7 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 。	地表为石英正长闪长岩	推断异常为侵入岩岩体与灰岩接触带近侵入岩一侧的反映。
G17 <sup>-</sup>	形态近扁平长椭圆,长轴为北西向展布,长约 0.5km,短轴长约 0.3km。	地表被第四系浮土覆盖	推测为岩体与大理岩接触带靠近岩体一侧低密度的闪长岩引起。

### 3.1.2 找矿靶区的初步圈定

根据以上分析,总结出区内含矿地质体在重力异常图中的表现形式为:矿体分布于重力特高异常部位、正负重力异常相依的密集梯度带。依据以上规律,初步圈定 BG-1、BG-2、BG-3、BG-4、BG-5、BG-6、BG-7 和 BG-8 重力异常区为找矿靶区(图 6)。

### 3.2 磁测异常特征及解释推断

实测异常可看作是局部异常和区域异常的叠加,需要根据磁异常分析引起异常的地质体,把引起异常的地质体从区域背景场中分离出来,即把局部异常和区域异常分离(辛园园和凌丹丹,2018;张文浩等,2019)。磁测数据反演一般可以用趋势分离法和解析延拓法(李荣亮等,2017),利

用解析延拓法对面积较小的研究区进行反演时, 处理结果容易失真, 趋势分离法更符合研究区实际情况。针对鸡冠咀矿区面积小的情况, 利用趋势分析法对研究区磁异常进行分离, 得到局部磁异常图(图 7)。

经过分离之后全区局部异常圈闭明显减少, 呈现出规模不大、正负异常伴生的特点。根据局部磁

异常特点, 本次圈定了 10 个磁异常, 编号为 C1 - C10(表 2)。虽然鸡冠咀矿区的磁异常吻合不明显, 但鲤泥湖、桃花嘴、猴头山三个已见矿区与图中的正磁异常吻合较好, 三个矿区的共性是矿体都产在正磁异常密集梯度带及其两边, 根据相似类比原则, 在矿区初步预测了 4 个找矿靶区, 编号分别为 BM - 1、BM - 2、BM - 3 和 BM - 4(图 7)。

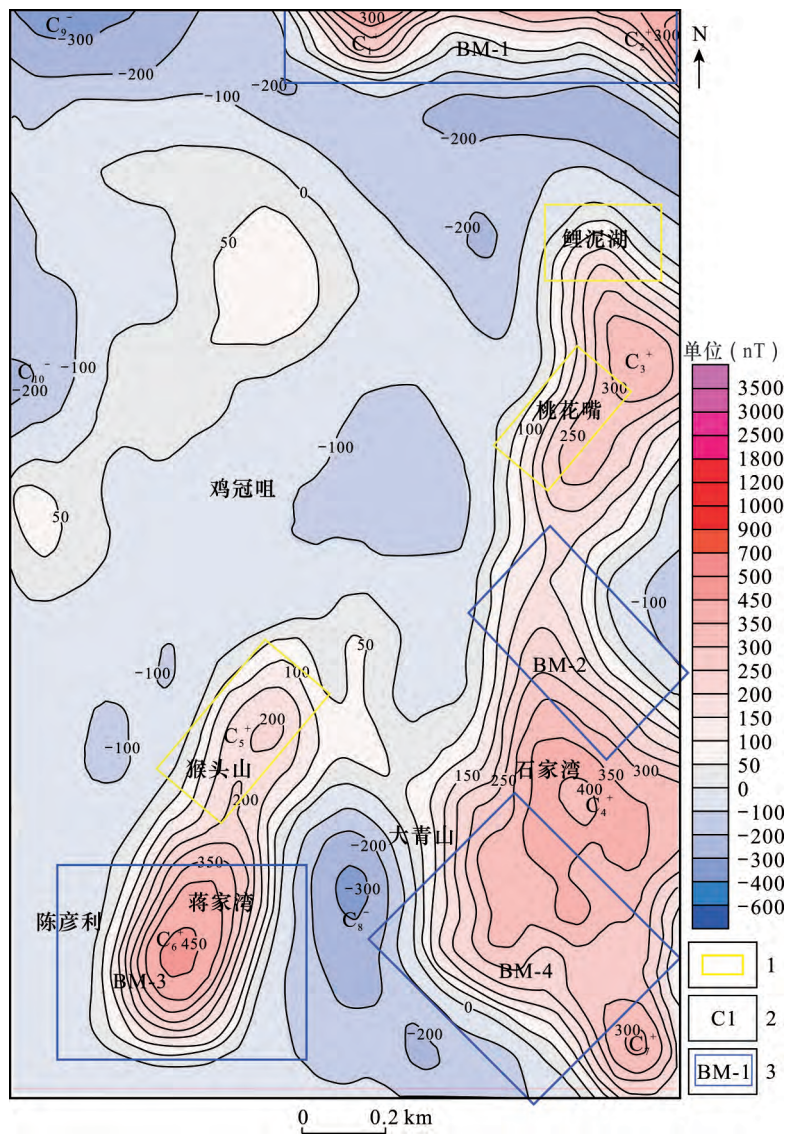


图 7 研究区局部磁异常图  
Fig. 7 Local magnetic anomalies in the research area

1 - 已知矿区; 2 - 磁异常; 3 - 预测找矿靶区  
1 - known mining area; 2 - magnetic anomaly; 3 - predicted prospecting target area

表 2 局部磁异常推断解释表  
Table 2 Interpretation of local magnetic anomalies

异常编号	磁异常特征	地质概况	推断解释
C1 <sup>+</sup> 和 C2 <sup>+</sup>	异常呈舌状东西向产出, 异常长约 0.7km, 宽 0.15km, 异常值达 300nT。	地表被第四系浮土覆盖	推断异常为铜绿山岩体的延伸引起的正磁异常, 深部可能见矿。



续表 2

Continued Table 2

异常编号	磁异常特征	地质概况	推断解释
G3 <sup>+</sup>	异常呈耳状南北向分布,异常长约 0.5km,宽约 0.2km,异常值达 300nT。	地表为石英二长闪长玢岩	与桃花嘴矿区基本吻合,推测高磁性的铜铁矿体与岩体引起的正磁异常。
C4 <sup>+</sup> 和 C7 <sup>+</sup>	异常呈近菱形南北向分布,异长约 0.8km,宽 0.6km。异常值达 400nT,C4 异常幅值为 300nT。	地表为石英二长闪长玢岩	推断异常为铜绿山岩体的延伸引起的正磁异常,局部可能见矿。
C5 <sup>+</sup> 和 C6 <sup>+</sup>	异常形态近北东向拉长,异常南宽北窄,两端大,中间收缩,呈似鞋底状。两个异常总长约 0.8km,宽约 0.3km,异常幅值达 400nT。	C5 <sup>+</sup> 地表被猴头山矿区的铁帽覆盖;C6 <sup>+</sup> 被残留岩体、铁帽覆盖。	C5 <sup>+</sup> 异常与猴头山矿区矿体十分吻合,推测为地表铁帽和深部矿体综合引起的正磁异常。C6 <sup>+</sup> 深部可能见矿。
C8 <sup>-</sup>	异常呈椭圆状南北向展布,长约 0.3km,宽 0.15km。异常值达 -300nT。	地表为碎屑岩、岩体及大理岩。	负磁异常可能为弱磁性的碎屑岩和局部大理岩引起。
C9 <sup>-</sup> 和 C10 <sup>-</sup>	异常形态为近耳状,C9 <sup>-</sup> 异常幅值达 -200nT,C10 <sup>-</sup> 异常幅值达 -300nT。	地表被第四系沉积物覆盖	负磁异常为深厚的沉积物引起。

### 3.3 CSAMT 异常剖面的解释推断

可控源音频大地电磁测深法(CSAMT)是利用接地水平电偶源为信号源的一种频率域电磁测深法,通过改变发射频率来改变探测深度,用测得的电场和磁场比得到卡尼亚视电阻率(于泽新等,2009;康方平等,2017)。反演是将经过预处理后的数据,利用相关软件进行处理建模,在满足给定的精度条件下输出断面电阻率,供后续作图解释(石昆法等,2001;雷达等,2004)。

本次测量采用 CSAMT 测量投入发射机一套,接收机两台套,测深设计点距为 40m,选用电偶极源标量观测方式,场源 AB 在 1.1km 左右,收发距  $r > 6\text{km}$ ,测区在场源的  $60^\circ$  角扇形区域内,并且保证附近没有磁干扰源;剖面测量和数据反演采用凤凰地球物理公司生产的 V8 多功能系统,预处理后的数据采用 CSAMT-SW 2.0 软件进行处理。在处理过程中,针对研究区的区域地质环境干扰,重点采用数据平滑、去近场效应、静态校正、空间滤波等技术手段消除畸变点,再对整个测区的相邻视电阻率数据进行对比分析,对有明显差异的视电阻率数值进行修正,然后进行滤波处理,使数据质量达到可以反演的要求(周普红等,2017;倪晴晖和李大俊,2017)。对处理后的数据进行视电阻率反演,绘制断面图。本次利用矿区以往开展的 CSAMT 实测数据,编制了 12~27 线电阻率联合剖面图(图 8)。

5 条 CSAMT 剖面电阻率等值线的形态基本呈现西低东高的现象,结合地质资料推测,西边低阻部分为砂页岩、砂岩及岩体部分蚀变的反映,结合地层

层序特征,推测从上至下,地层依次为白垩系灵乡组、侏罗系马家山组、三叠系蒲圻组、三叠系中下统嘉陵江组灰岩地层;地层间的电阻率密集梯度带、低阻异常带可能是断裂破碎带或夹低阻矿体。东侧高阻部分主要为块体较大且相对完整的岩体、大理岩等高阻体,东侧高阻 1000m 以下电阻率多为  $100 \sim 500\Omega \cdot \text{m}$  的中低阻,推测灰岩下部可能存在中低密度的铜绿山岩体。前人资料显示该位置钻孔一般揭示为矿体赋存部位,因此高阻局部中夹带相对低阻区域存在矿体可能性非常高。推断电阻率等值线密集异常梯度带反映的是断裂、断裂接触带或者岩体与灰岩的接触带,矿区以往物探工作资料显示,发现矿体发育部位一般处于电阻率梯度带及其旁边的中低阻值扭曲部位,所以在断裂梯度带位置及其两边中低阻值部位存在矿体可能性非常高。

### 3.4 综合物探异常的解释推断及找矿靶区的圈定

#### 3.4.1 综合物探异常的解释推断

图 9 显示,研究区除了鸡冠咀铜金矿之外,鲤泥湖、桃花嘴、猴头山等矿床具有重磁同高、伴有重磁异常密集梯度带的现象。磁法靶区 BM-1 与重力靶区 BG-1、BG-2 基本吻合,磁法靶区 BM-2 与重力靶区 BG-5 基本吻合,磁法靶区 BM-3 与重力靶区 BG-6 基本吻合,磁法靶区 BM-4 与重力靶区 BG-7、BG-8 基本吻合;南部圈定的重磁靶区在深部上与 CSAMT 剖面图所显示的电法异常基本吻合,重力、磁法靶区所在位置与深部 CSAMT 显示岩体蚀变破碎、断裂破碎带、异常扭曲部位、电阻率密集梯度带及其两边基本吻合。

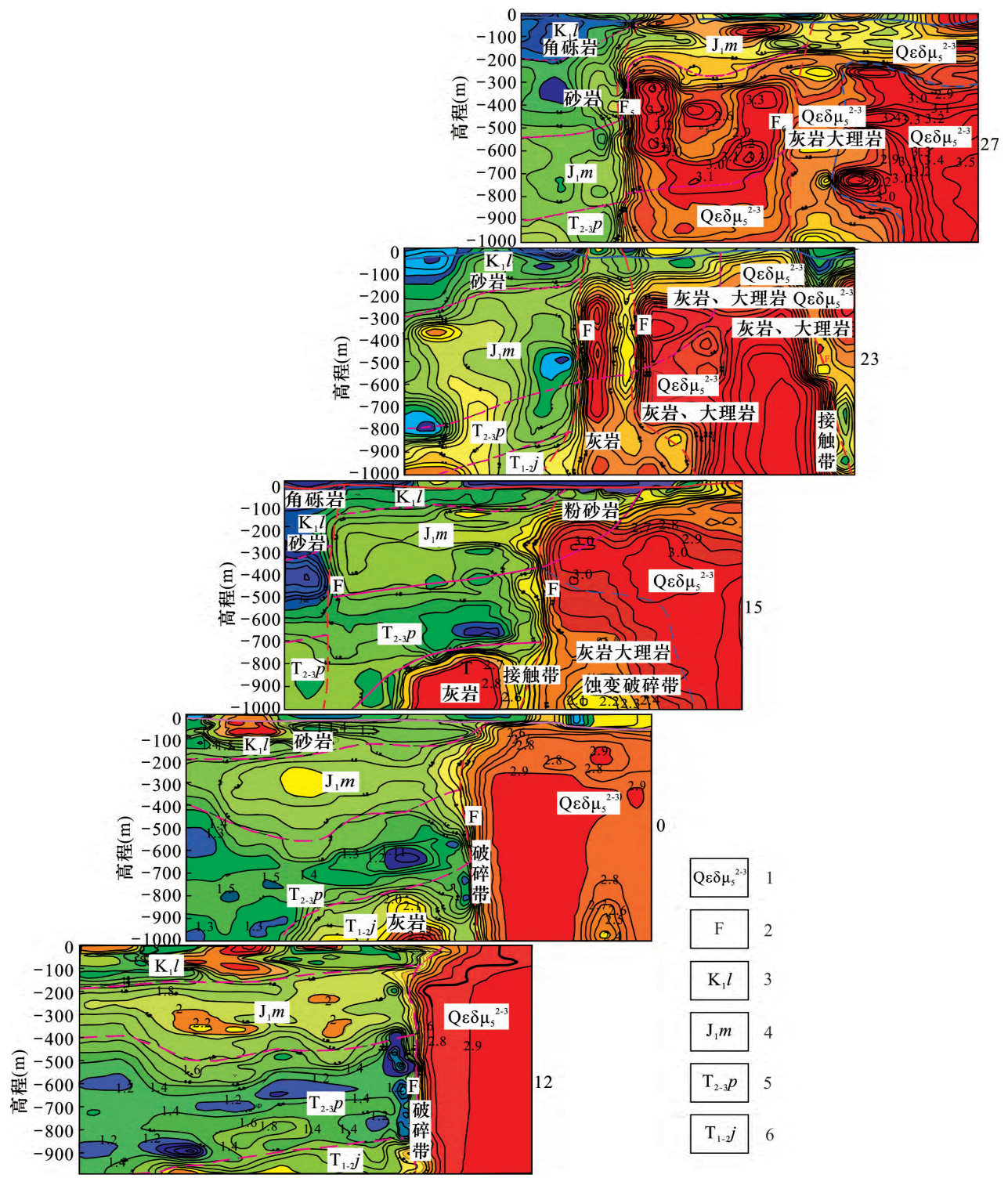


图 8 研究区 5 条 CSAMT 联合剖面图

Fig. 8 Five CSAMT combined profiles in the research area

1 - 石英二长闪长玢岩; 2 - 断裂; 3 - 灵乡组; 4 - 马架山组; 5 - 蒲圻组; 6 - 嘉陵江组

1 - quartz monzodiorite porphyrite; 2 - fracture; 3 - Lingxiang Formation; 4 - Majiashan Formation; 5 - Puqi Formation; 6 - Jialingjiang Formation



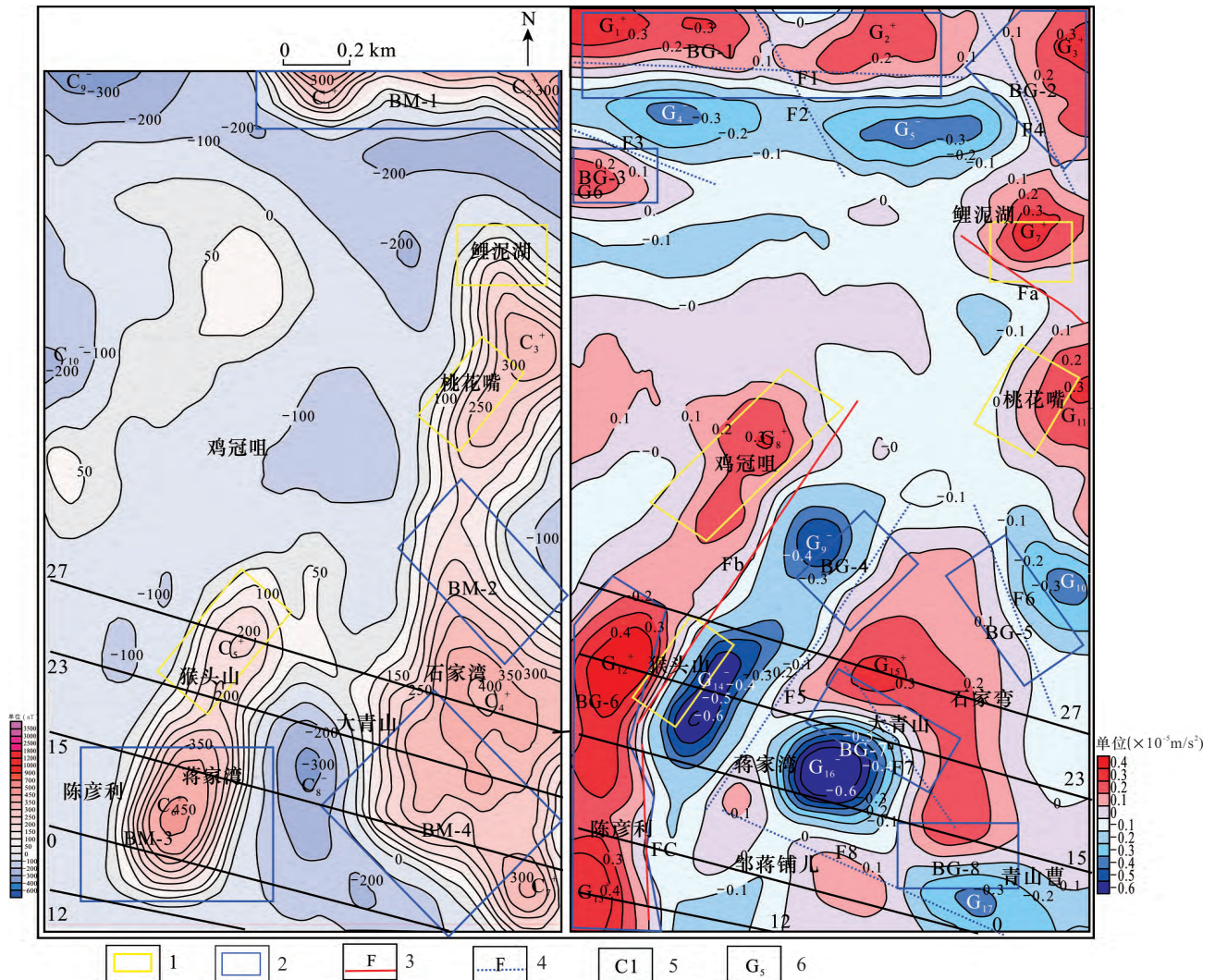


图9 研究区重力磁法综合异常图

Fig. 9 Gravity – magnetic comprehensive anomalies in the research area

1 – 已知矿区; 2 – 预测找矿靶区; 3 – 已知断裂; 4 – 预测断裂; 5 – 磁异常; 6 – 重力异常

1 – known mining area; 2 – inferred prospecting target area; 3 – known fracture; 4 – inferred fracture; 5 – magnetic anomaly; 6 – gravity anomaly

### 3.4.2 地球物理找矿标志

结合对重力、磁法和 CSAMT 剖面图的解释推断, 可归纳出研究区的地球物理找矿标志。

重力异常地球物理找矿标志有两种, 第一种是矿体赋存在重力高异常带, 大理岩捕虏体、矽卡岩以及矿体都为相对高密度体; 第二种矿体赋存在重力异常梯度带, 梯度带主要反映断裂、不同岩性接触带的位置。磁异常地球物理找矿标志为正高磁异常带和密集磁异常梯度带, 对以铁矿等为主的高磁性矽卡岩型矿床而言, 接触带的高磁异常可能是由含有高磁性的矽卡岩或磁铁矿引起, 断裂和接触带所在位置一般会出现矽卡岩、磁铁矿等磁性物质的累积。CSAMT 地球物理找矿标志有三种, 第一种是矿体赋存于电阻率等值线比较扭曲带; 第二种矿体一般赋

存于密集的电率率梯度带及其旁边相对低阻的位置, 电阻率梯度带部位一般对应断裂、隐伏岩体与大理岩的接触带; 第三种是矿体赋存部位在大块高阻局部中夹带相对扭曲的中低阻区域, 多为高岭石化、钾化、钠化等岩体蚀变的反映。

### 3.4.3 地球物理找矿模式

图 10 显示, 研究区内的铜铁金矿体主要赋存于大理岩与石英二长闪长玢岩的接触带附近。大理岩表现为高重、低磁、高电阻率特点, 大理岩的规模大、埋藏浅, 重力异常的峰值高, 变化梯度大, 大理岩蚀变、破碎后, 重力异常降低; 铜铁金矿体、矽卡岩表现为高重、高密度、低电阻率、中高磁性的异常特征; 石英二长闪长岩表现为中高密度、中高磁性、中高电阻率的特征, 与大理岩接触后发生接触交代作用, 密度

降低、电阻率降低、磁性减弱; 断裂带内的岩石破碎后充水, 岩石蚀变, 表现出明显的线状重力低、密度低、低电阻率特征, 据此, 建立鸡冠咀矿区地质地球物理找矿模式图。

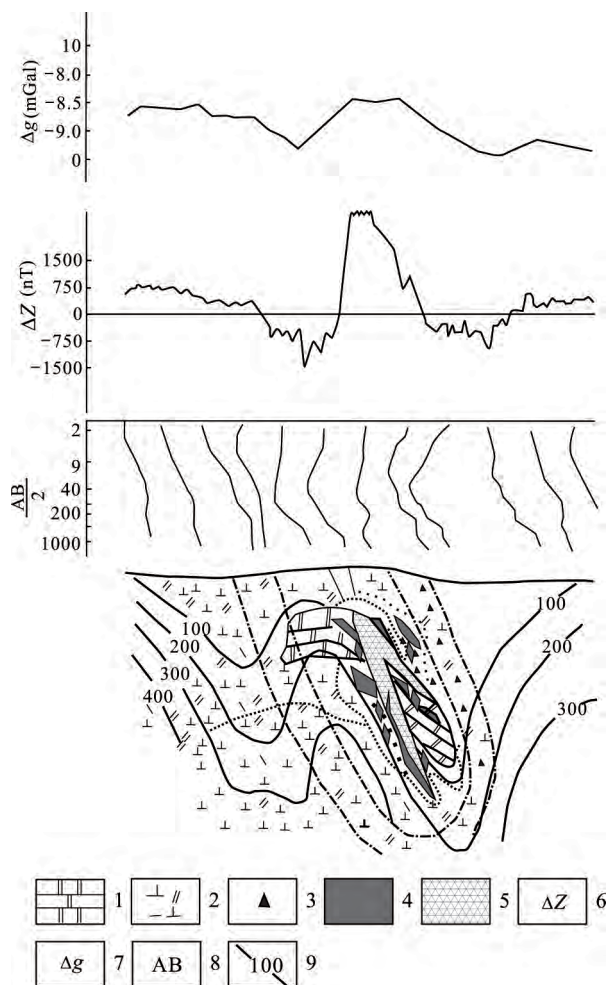


图 10 地质地球物理找矿模式图

Fig. 10 Geological-geophysical prospecting model

1 - 白云质大理岩; 2 - 石英正长闪长岩; 3 - 破碎带; 4 - 铁矿石; 5 - 铜铁矿石; 6 - 磁法曲线; 7 - 重力曲线; 8 - 电磁测曲线(单位: m); 9 - 电磁测 Ps 曲线(单位:  $\Omega \cdot m$ )

1 - dolomitic marble; 2 - quartz syenite; 3 - broken fracture; 4 - iron ore; 5 - copper-iron ore; 6 - magnetic curve; 7 - gravity curve; 8 - electromagnetic measuring curve (unit: m); 9 - electromagnetic measuring Ps curve (unit:  $\Omega \cdot m$ )

结合重力、磁法和 CSAMT 剖面图的地球物理找矿标志, 总结了矽卡岩型深部地球物理找矿模式为“一个主要目标, 两种分析, 三种方法, 五个找矿标志”。一个主要目标指深部物探找矿就是以寻找大理岩残留体及其层间破碎带、大理岩与岩体的接触带的物探异常为主要目标; 两种分析指矿床地质特征分析和岩矿石的地球物理特性分析; 三种方法指综合运用重力、磁法、CSAMT 三种物探方法; 五个

找矿标志指以重磁正高异常带、以重磁异常密集梯度带、电阻率等值线比较扭曲带、密集电阻率梯度带及其旁边相对低阻带、大块高电阻率局部中夹带相对扭曲的中低阻带为地球物理找矿标志。

### 3.4.4 找矿靶区的圈定

根据三种异常的吻合性、与矿区已知含矿地质体对比, 按照重力优先、电法辅助、磁法参考的原则, 对预测靶区进行筛选排序, 在鸡冠咀外围圈定了 5 个找矿靶区(图 11)。其中 I 级找矿靶区 2 个, II 级找矿靶区 2 个, III 级找矿靶区 1 个。

## 4 结论

本文结合研究区矿床基础地质信息, 对重力、磁法、CSAMT 三种物探异常信息进行了地质解释和推断, 总结了研究区的地球物理找矿标志, 构建了地球物理找矿模式, 对矿区及外围进行了找矿预测, 圈定找矿靶区, 指出下一步找矿方向, 获得了一些主要成果:

(1) 研究区岩矿石具有良好的物性差异, 具有良好的地球物理找矿前提。对区内的矿石、碎屑岩、碳酸盐岩、岩浆岩的物性特征进行正态分布统计, 密度特征显示: 矿石 > 碳酸盐岩 > 岩浆岩 > 碎屑岩; 电阻率特征显示: 矿石类 < 碎屑岩类 < 岩浆岩类 < 碳酸盐岩类; 磁化率特征显示: 矿石类 > 岩浆岩类 > 碎屑岩类、碳酸盐岩类。

(2) 研究区的重磁异常与矿体具有良好的吻合性, 具有重要的矿床指示意义。研究区原始重力、磁异常数据处理结果联合解译, 总体显示出重磁同高重磁异常梯度带基本吻合, 推测是区内断裂接触带、大理岩浮体、闪长岩隐伏岩体侵入引起的, 而断裂接触带、大理岩浮体、侵入沉积地层内的隐伏岩体正是寻找深部盲矿体的有利部位。

(3) 5 条 CSAMT 电阻率等值线基本呈西低东高的现象。测线西侧低阻部分多为沉积地层里的角砾岩、碎屑岩、砂岩及部分蚀变岩体的反映; 东侧高阻部分多为岩体、大理岩及铜绿山岩株体的侵入延伸。CSAMT 法与重磁异常进行了联合解释, 推断深部断裂构造带、大理岩及其层间破碎带、接触带的物探异常位置, 具有很大的赋矿潜力。

(4) 构建了“一个主要目标, 两种分析, 三种方法, 五个找矿标志”的矽卡岩型矿床的地球物理找矿模式, 并总结了矽卡岩型矿床的地球物理找矿标志。重磁正高异常带、重磁异常密集梯度带、电阻率等值线扭曲带、密集电阻率梯度带及其旁边相对低阻带、大块高电阻率局部夹带相对扭曲的中低阻带都



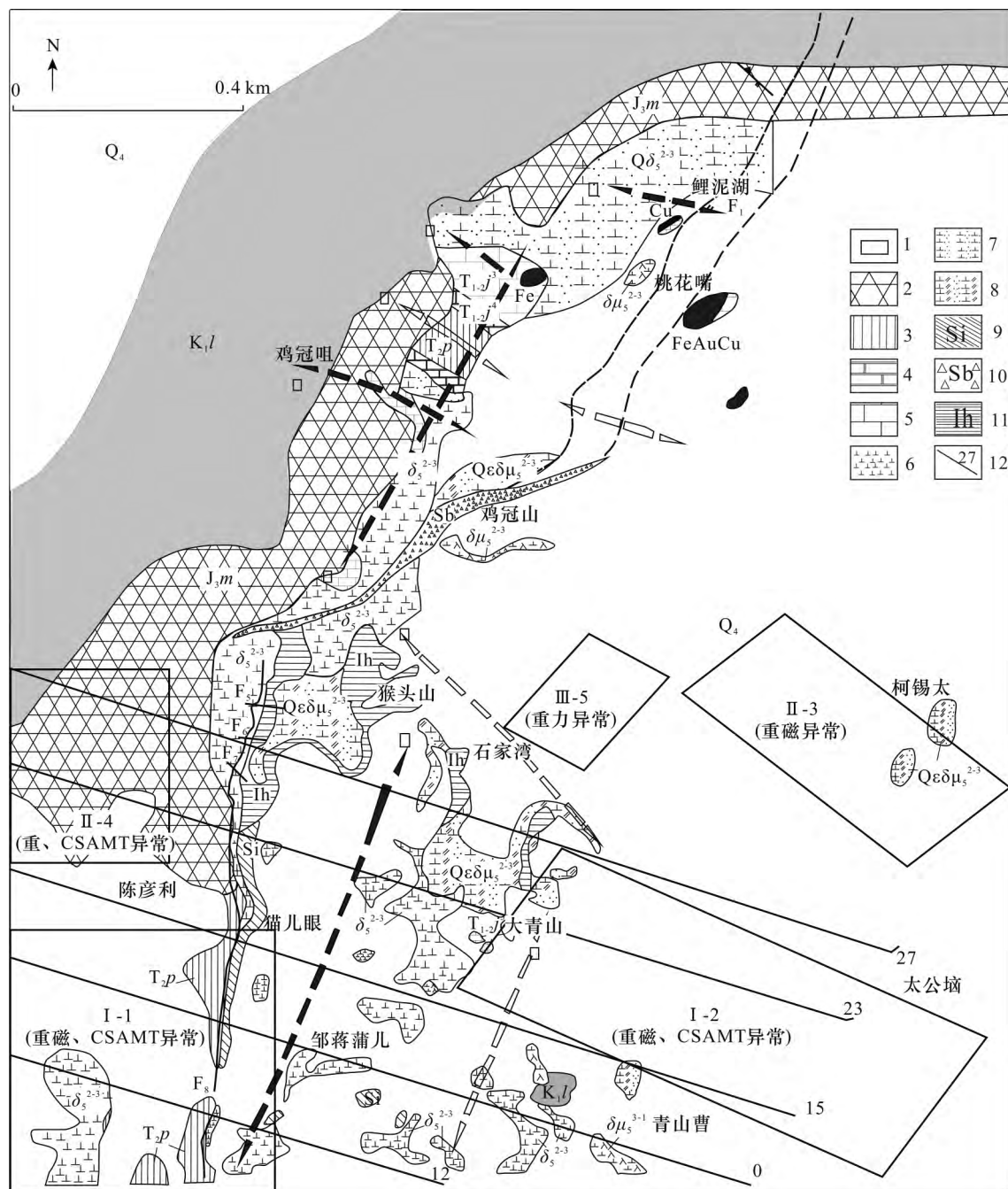


图 11 鸡冠咀及其外围找矿靶区图

Fig. 11 Map showing prospecting target areas in Jiguanzui and its periphery

1 - 找矿靶区; 2 - 马架山组; 3 - 蒲圻组; 4 - 嘉陵江组第四段; 5 - 嘉陵江组第三段; 6 - 闪长岩; 7 - 石英闪长岩; 8 - 石英二长闪长玢岩; 9 - 硅化岩; 10 - 破碎带; 11 - 铁帽; 12 - CSAMT 测线

1 - prospecting target area; 2 - Majiashan Formation; 3 - Puqi Formation; 4 - the fourth member of Jialingjiang Formation; 5 - the third member of Jialingjiang Formation; 6 - diorite; 7 - quartz diorite; 8 - quartz monzodiorite porphyrite; 9 - silicified rock; 10 - broken fracture; 11 - iron membrane; 12 - CSAMT line

可作为矽卡岩型矿床的地球物理找矿标志。

(5) 结合地球物理找矿标志、地球物理找矿模式在研究区外围圈定了 5 个找矿靶区, 其中 I - 1、

II - 4 找矿靶区已被湖北省第一地质大队申请了省基金立项项目, 对该区后续找矿勘查及工程验证提供了依据。



## [References]

- Cheng Yuan ,Qin Xi ,Zhao Xiaoxiao ,Wang Yaosheng ,Qin Xueye ,Song Shuangquan ,Niu Yao ,Cui Xiaoling. 2018. Geophysical characteristics and prospecting model based on comprehensive information in the molybdenum ,lead zinc and silver polymetallic ore concentration area of the East Qinling Mountains [J]. *Geology and Exploration* , 54( 4) : 747 – 761( in Chinese with English abstract) .
- Kang Fangping ,Liu Jianxin ,Han Zhongji ,Deng Zhuhan. 2017. Using the integrated electrical method to detect geothermal resources in Taiping wei of Qiyang County ,Hunan Province [J]. *Geology and Exploration* , 53( 6) : 1155 – 1163( in Chinese with English abstract) .
- Ke Yufu ,Cai Hengan ,Du Kai ,Wu Yongxiang ,Yuan Hongwei. 2016. Geological characteristics and prospecting potential of Jiguanzui copper – gold deposit in north Daye [J]. *Resource Environment & Engineering* , 30( 6) : 817 – 824( in Chinese with English abstract) .
- Lei Da ,Meng Xiaohong ,Wang Shumin ,Li Ruchuan ,Fang Hui ,Zhao Fugang. 2004. Two – dimensional inversion technique and application effect of controllable source audio magnetotelluric sounding data under complex terrain conditions [J]. *Geophysical and Geochemical Exploration* , 28( 4) : 323 – 326( in Chinese with English abstract) .
- Li Rongliang ,Tian Jianrong ,Liu Yang ,Ren Jie ,Bai Shunbao ,Liu Xiaofeng. 2017. Application of integrated geophysical methods to exploration in the Wutongjing iron – copper polymetallic deposit of Gansu Province [J]. *Geology and Exploration* , 53( 4) : 755 – 764( in Chinese with English abstract) .
- Li Yujiao. 2015. Application of trend analysis method in gravity anomaly extraction [J]. *Value Engineering* , 34( 33) : 190 – 191( in Chinese with English abstract) .
- Lin Jianyong. 2016. Metal mineral exploration methods and new technologies [J]. *World Nonferrous Metals* , 23( 11) : 189 – 190( in Chinese with English abstract) .
- Lü Xinbiao. 2001. Structural anomaly and its significance in controlling the ore deposits distribution in south – east Hubei ,and north – west Jiangxi provinces [J]. *Geology and Exploration* , 37( 5) : 15 – 18( in Chinese with English abstract) .
- Ni Qinghui ,Li Dajun. 2017. Application of integrated geophysical exploration to tectonic – unit division in the southern Tuanyusan area [J]. *Geology and Exploration* , 53( 6) : 1140 – 1147( in Chinese with English abstract) .
- Qi Wenxiu ,Liu Tao. 2005. Metal mineral exploration methods and new technologies [J]. *Geology and Exploration* , 41( 6) : 65 – 69( in Chinese with English abstract) .
- Qiu Ning ,He Zhanxiang ,Chang Yanjun. 2007. Analysis based on wavelet analysis and spectral analysis to improve the resolution of gravity anomalies [J]. *Progress in Geophysics* , 22( 1) : 112 – 120( in Chinese with English abstract) .
- Ren Li ,Meng Xiaohong ,Liu Guofeng. 2013. Gravity exploration and its application [J]. *Science and Technology Innovation Guide* , ( 8) : 240 – 243( in Chinese with English abstract) .
- Shi Kunfa ,Zhang Kangli ,Li Yingxian ,Yu Changmng. 2001. The application of CSAMT in positioning prediction of concealed gold ore bodies [J]. *Geology and Exploration* , 37( 1) : 86 – 90 , 95( in Chinese with English abstract) .
- Su Xindong. 1995. Crust mantle structure and characteristics of southeast Hubei metallogenic Province [J]. *Geology and Exploration* , 31( 1) : 18 – 25( in Chinese with English abstract) .
- Tan Hongyan ,Lu Junchao ,Liu Guixiang ,Ma Shimin ,Shu Guanglong ,Xi Zhenzhu. 2011. Application of EH4 audio magnetotelluric sounding method in searching for concealed ore body in southeast Hubei Province [J]. *Geology and Exploration* , 47( 6) : 1133 – 1141( in Chinese with English abstract) .
- Tang Xinggong ,Zhang Ruifeng ,Wang wei ,Chen Qingli. 2017. Application of 3D high precision gravity method to the exploration of deep buried hill [J]. *Seismic Geology* , 39( 4) : 712 – 720( in Chinese with English abstract) .
- The First Geological Team of Hubei Geological Bureau. 2014. Detailed report on deep copper and gold deposits in Jiguanzui and Taohuazui Mining area ,Daye ,Hubei Province [R]. ( in Chinese with English abstract) .
- Wang Wei ,Wang Minfang ,Guo Xiaonan ,Wei Ketao ,Ke Yufu ,Hu Mingyue ,Liu Kun. 2015. Geochemical characteristics of magnetite in the Tieshan iron deposit in southeastern Hubei Province and geological implications [J]. *Geology and Exploration* , 51( 3) : 451 – 465( in Chinese with English abstract) .
- Wang Zongqi. 1978. Discussion on two – dimensional digital filtering – Introduce a vertical second derivative formula [J]. *Geology and Exploration* , 14( 4) : 45 – 51( in Chinese) .
- Wei Quanming ,Deng Gangli ,Hu Zhenjun. 2006. Discussion on the occurrence law of ore body in Jiguanzui copper – gold deposit [J]. *Gold Science and Technology* , 14( 5) : 30 – 33( in Chinese with English abstract) .
- Xiao Guangfu ,Dong Yiqun. 2013. Study on the genesis of gold ,copper ,iron and gold iron ore in No. 1 ore body of Jiguanzui copper – gold deposit [J]. *Resources Environment & Engineering* , 27( S1) : 47 – 50( in Chinese with English abstract) .
- Xing Yuanyuan ,Ling Dandan. 2018. Application of magnetic exploration in the exploration of a magnetite [J]. *Western Exploration Project* , 30( 9) : 183 – 185( in Chinese with English abstract) .
- Xie Tao. 2013. The research of lead – zinc mine prospecting with comprehensive geophysical survey in Liangshan Guizhou [D]. Chengdu: Chengdu University of Technology( in Chinese with English abstract) .
- Xu C ,Liu Z ,Luo Z ,Wu Y ,Wang H. 2017. Moho topography of the Tibetan Plateau using multi – scale gravity analysis and its tectonic implications [J]. *Journal of Asian Earth Sciences* , 138: 378 – 386.
- Xu Shizhe ,Zhang Yan ,Wen Baihong ,Yang Hui ,Yang Zhangfu. 2006. Application of cutting method in magnetic anomaly interpretation in Ludong area [J]. *Petroleum Geophysical Exploration* , 45( 3) : 316 – 318( in Chinese with English abstract) .
- Yang Erxu. 1982. Several issues that need to be studied in depth in the exploration of metal minerals in China [J]. *Geology and Exploration* , 18( 7) : 42 – 48( in Chinese with English abstract) .
- Yu Zexin ,Ao Yingfeng ,Lu Jingzeng ,Long Jun ,Jia Guangning ,Wang Haifu ,Zhang Lei. 2009. Application of CSAMT method in deep prospecting in Kangzhangzi District ,Western Liaoning [J]. *Geology*

- and Exploration 45(5): 600 – 605( in Chinese with English abstract) .
- Zhang Guosheng. 1998. Tectonic characteristics and ore – controlling laws of the southeastern Hubei Province [J]. Resources Environment and Engineering 12( 02): 16 – 23( in Chinese with English abstract) .
- Zhang Wenhao ,Wang Dandan ,Li Shizhen ,Zhou Xingui ,Zhang Jiaodong , Liu Weibin ,Zhou Ximing ,Wang Peiye. 2019. The application of gravity – magnetic – electric prospecting engineering for Carboniferous – Permian petroleum geological survey in Sanjiang Basin ,Heilongjiang Province [J]. Geology in China 46( 1): 191 – 201( in Chinese with English abstract) .
- Zhang Zengfeng. 1992. Research on types of rock body contact tectonic system and its ore – controlling mode in southeast Hubei Province [J]. Earth Science 17( 4): 381 – 390( in Chinese with English abstract) .
- Zhou Puhong ,Zhou Hui ,Hu Huaqing ,Li Jianliang. 2017. Prospecting potential at depth of the Taohua gold deposit in Guangxi: An analysis based on CSAMT survey [J]. Geology and Exploration 53( 4): 0746 – 0754( in Chinese with English abstract) .
- Zhu Dan ,Liu Tianyou ,Yang Yushan ,Chen Xu ,Xiao Mingshun. 2019. Geophysical interpretation of rock – control structures and concealed rock mass features in southeastern Hubei Province [J]. Earth Science 44( 2): 1 – 18( in Chinese with English abstract) .
- Zhu Zhixiang ,Yan Jiude. 2004. The application of SD method in mineral resources reserves calculation in the Jiguanzui copper – gold deposit , Daye ,Hubei province [J]. Geology and Exploration 40( 4): 82 – 84 ( in Chinese with English abstract) .
- [附中文参考文献]
- 程 远 秦 曦 赵晓晓 王耀升 秦学业 宋双全 牛 耀 崔小玲. 2018. 东秦岭钼铅锌银多金属矿集区地球物理场特征及综合信息找矿模型 [J]. 地质与勘探 54( 4): 747 – 761.
- 湖北省地质局第一地质大队. 2014. 湖北省大冶市鸡冠咀矿区、桃花嘴矿区深部铜金矿详查报告 [R].
- 康方平 柳建新 韩中骥 邓 专. 2017. 综合电法在湖南祁阳太平圩地热资源勘查中的应用 [J]. 地质与勘探 53( 6): 1155 – 1163.
- 柯于富 蔡恒安 杜 凯 吴永祥 袁红伟. 2016. 湖北大冶鸡冠咀铜金矿地质特征及找矿前景分析 [J]. 资源环境与工程 30( 6): 817 – 824.
- 雷 达 孟小红 王书民 李汝传 方 慧 赵富刚. 2004. 复杂地形条件下的可控源音频大地电磁测深数据二维反演技术及应用效果 [J]. 物探与化探 28( 4): 323 – 326.
- 李荣亮 田建荣 刘洋 任 杰 白顺宝 刘晓峰. 2017. 综合物探方法在甘肃梧桐井铁铜多金属矿勘查中的应用 [J]. 地质与勘探 53( 4): 755 – 764.
- 李玉钊. 2015. 趋势分析法在重力异常提取中的应用 [J]. 价值工程 34( 33): 190 – 191.
- 林建勇. 2016. 电法勘探技术的特点及原理分析 [J]. 世界有色金属 33( 11): 189 – 190.
- 吕新彪. 2001. 鄂东南 – 赣西北地区构造异常及其控矿意义 [J]. 地质与勘探 37( 5): 15 – 18.
- 倪晴晖 李大俊. 2017. 综合地球物理勘探方法在团鱼山南部地区构造划分中的应用 [J]. 地质与勘探 53( 6): 1140 – 1147.
- 齐文秀 刘 涛. 2005. 金属矿物探新方法与新技术 [J]. 地质与勘探 41( 6): 65 – 69.
- 邱 宁 何展翔 昌彦君. 2007. 分析研究基于小波分析与谱分析提高重力异常的分辨能力 [J]. 地球物理学进展 22( 1): 112 – 120.
- 任 丽 孟小红 刘国峰. 2013. 重力勘探及其应用 [J]. 科技创新导报 4( 8): 240 – 243.
- 石昆法 张庚利 李英贤 于昌明. 2001. CSAMT 法在山东蓬家乔地区层间滑动角砾型金矿成矿预测中的应用 [J]. 地质与勘探 37( 1): 86 – 90 95.
- 苏欣栋. 1995. 鄂东南成矿区壳幔结构及其特征 [J]. 地质与勘探 21( 1): 18 – 25.
- 谭红艳 吕骏超 刘桂香 马诗敏 舒广龙 席振铎. 2011. EH4 音频大地电磁测深方法在鄂东南地区寻找隐伏矿体的应用 [J]. 地质与勘探 47( 6): 1133 – 1141.
- 唐新功 张锐锋 万 伟 陈清礼. 2017 三维高精度重力方法在深部潜山勘探中的应用 [J]. 地震地质 39( 4): 712 – 720.
- 王 伟 王敏芳 郭晓南 魏克涛 柯于富 胡明月 刘 坤. 2015. 鄂东南矿集区铁山铁矿床中磁铁矿元素地球化学特征及其地质意义 [J]. 地质与勘探 51( 3): 451 – 465.
- 王宗器. 1978. 二维数字滤波问题讨论—介绍一个垂直二阶导数公式 [J]. 地质与勘探 14( 4): 45 – 51.
- 魏全民 邓刚利 胡振军. 2006. 鸡冠咀铜金矿床矿体赋存规律探讨 [J]. 黄金科学技术 14( 5): 30 – 33.
- 肖光富 董意群. 2013. 鸡冠咀铜金矿床 I 号矿体金铜铁、金铁型矿石成因研究 [J]. 资源环境与工程 27( S1): 47 – 50.
- 杨尔煦. 1982. 我国金属矿物探中需要深入研究的几个问题 [J]. 地质与勘探 18( 7): 42 – 48.
- 辛园园 凌丹丹. 2018. 磁法勘探在某磁铁矿勘查中的应用 [J]. 西部探矿工程 30( 9): 183 – 185.
- 徐世浙 张 研 文百红 杨 辉 杨长福. 2006. 切割法在陆东地区磁异常解释中的应用 [J]. 石油物探 45( 3): 316 – 318.
- 于泽新 敖颖锋 吕景增 龙 军 贾广宁 王海富 张 磊. 2009. CSAMT 法在辽西康杖子区深部探矿中的应用 [J]. 地质与勘探 45( 5): 600 – 605.
- 张国胜. 1998. 鄂东南地区构造特征及其控岩控矿规律 [J]. 资源环境与工程 12( 2): 16 – 23.
- 张文浩 王丹丹 李世臻 周新桂 张交东 刘卫彬 周锡明 王佩业. 2019. 重磁电勘探在黑龙江三江盆地石炭系一二叠系油气地质调查中的应用 [J]. 中国地质 46( 1): 191 – 201.
- 章增凤. 1992. 鄂东南地区岩体接触构造体系类型及其控矿模式研究 [J]. 地球科学 17( 4): 381 – 390.
- 周普红 周 辉 胡华清 李建良. 2017. 广西桃花金矿床深部找矿前景分析—基于 CSAMT 测量 [J]. 地质与勘探 53( 4): 746 – 754.
- 朱 丹 刘天佑 杨宇山 陈 旭 肖明顺. 2019. 鄂东南地区控岩构造及隐伏岩体特征的地球物理解释 [J]. 地球科学 44( 2): 1 – 18.
- 朱志祥 晏玖德. 2004. SD 法在湖北大冶鸡冠咀铜金矿床资源储量核实中的应用 [J]. 地质与勘探 40( 4): 82 – 84.

## Application of Integrated Geophysical Methods to Prospecting in the Deep Subsurface and Peripheral Area of the Jiguanzui Copper – Gold Deposit in Daye of Hubei Province

TAI Wenxing<sup>1</sup>, JIN Shanggang<sup>2</sup>, HE Yannan<sup>1</sup>, YANG Meizhen<sup>3</sup>, LIU Wanlong<sup>1</sup>

(1. The 105 Geological Team of Guizhou Geological Mineral Exploration and Development Bureau, Guiyang, Guizhou 550018; 2. The First Geological Team of Hubei Geological Bureau, Daye, Hubei 435100; 3. State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources (China University of Geosciences), Wuhan, Hubei 430074)

**Abstract:** This study aims at prospecting prediction in the deep surface and peripheral area of the Jiguanzui copper – gold deposit. Based on geological characteristics and mineralization in this mine, precise inversion was conducted to gravity, magnetic and electrical survey data in the study area, which permits to reveal corresponding relationships between ore – bearing geological bodies and geophysical anomalies. It is confirmed that the physical properties of rocks and ores are remarkably different in the study area. The ore – related geological bodies accord well with gravity – magnetic anomalies. It is proved that the fault contact zone, marble capture body, and concealed rock mass exhibit features of the same gravity – magnetic height and gravity – magnetic anomaly gradient zones, which are the favorable places for finding deep blind ore bodies. This work summarized five geophysical prospecting indicators and established a geophysical prospecting model of the skarn deposit as “a major goal, two analyses, three methods and five prospecting signs”. Preferring target areas in the deep subsurface and peripheral area in Jiguanzui, are chosen as a demonstration to guide mineral exploration in the southeastern Hubei mining area.

**Key words:** Jiguanzui copper – gold deposit, geophysical anomaly, prospecting prediction, coincidence, Daye, Hubei Province

